



Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit in einer Tintenschreibeinrichtung, in der die Tintenkanäle an einem Ende jeweils an einer Austrittsöffnung enden, die einen gegenüber dem Durchmesser der Tintenkanäle kleineren Durchmesser aufweist, und an ihrem anderen Ende unmittelbar in eine Tintenverteilkammer münden, und in der als Antriebselemente für den Tröpfchenausstoß über Steuerimpulse ansteuerbare Piezowandler vorgesehen sind, die jeweils einen Tintenkanal in der Nähe des der Tintenverteilkammer zugewandten Endes über einen Teil seiner Länge umfassen,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß der Piezowandler (7) zunächst als elektromechanischer Wandler betrieben wird, über den durch Anlegen eines Steuerimpulses (U) in an sich bekannter Weise im Tintenkanal (2) Stoß- oder Druckwellen (w) erzeugt werden, daß der Piezowandler (7) jeweils am Ende eines Steuerimpulses (U) für die Dauer einer Meßperiode als mechanisch elektrischer Wandler (Sensor) betrieben wird, der die im Tintenkanal (2) auftretenden, durch die Stoß- oder Druckwellen (w) ausgelösten Restschwingungen mißt, daß die Restschwingungen in einer Auswerteeinrichtung (13) zwischengespeichert und mit vorhergehenden Restschwingungen verglichen werden, daß jeweils bei einer Übereinstimmung zweier, aufeinanderfolgender Restschwingungsverläufe ein erstes Kriterium (S1) erzeugt wird, durch das die Steuerimpulsspannung für eine nach Ablauf der Meßperiode folgender Ansteuerung des Piezowandlers (7) jeweils um eine Stufe (U) erhöht wird, und daß bei Abweichung eines Restschwingungsverlaufs von einem vorhergehenden Restschwingungsverlauf ein zweites Kriterium (S2) erzeugt wird, durch das die Steuerimpulsspannung für eine konstante Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß das zweite Kriterium (S2) zur Einstellung der Steuer-  
impulsspannung für eine konstante Tröpfchenausstoßge-  
5 schwindigkeit durch Bewertung der bei einer ersten Tröpf-  
chenablösung im Restschwingungsverlauf (Kurve IV in  
Fig. 5) auftretenden Druckimpulsänderung erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß das Kriterium zur Einstellung der Steuerimpulsspan-  
nung für eine konstante Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit  
durch Bewertung des in einem einer ersten Tröpfchenablö-  
sung unmittelbar vorausgehenden Restschwingungsverlaufes  
15 (Kurven I bis IV in Fig. 6) auftretenden Druckimpulsän-  
derung erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
20 da die im Restschwingungsverlauf auftretende Druckim-  
pulsänderung in einem auf den, den Piezowandler (7) an-  
steuernden Steuerimpuls bezogenen Zeitbereich ( $\Delta t$ ) ge-  
messen wird.

25 5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß zur Einstellung der Steuerimpulsspannung für eine  
konstante Ausstoßgeschwindigkeit von Tröpfchen konstan-  
te Größe die eine Restschwingung mit einer Druckimpulsän-  
30 derung auslösende Steuerimpulsspannung um einen Faktor  
(K) erhöht wird (z.B.  $K=1,4$ ;  $K=1,45$  für eine Tröpfchenaus-  
stoßgeschwindigkeit  $=4\text{m/s}$ ).

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5,  
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Einstellung der Steuerimpulsspannung für die Pie-

zowandler (7) jeweils einzeln vor Betriebsnahme der Tintenschreibeinrichtung und/oder jeweils in Schreibpausen durchgeführt wird,  
und daß damit die einzelnen, jeweils aus Piezowandler  
5 (7), Tintenkanal (2) und Austrittsöffnung (4) bestehenden Schreibdüsen individuell abgeglichen werden.

7. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß jeder Piezowandler (7) über einen Schalter (10) an einen die Steuerimpulsspannung (U) abgebenden Impulsgeber (8) und an eine Auswerteeinrichtung (13) anschaltbar ist, daß der Schalter (10) über eine Schaltstufe (11) jeweils  
15 nach Beendigung eines Steuerimpulses für die Dauer einer Meßperiode umschaltbar ist, und die Piezowandler (7) als Sensor für Druckimpulse an eine Auswerteeinrichtung (13) anschaltet,  
daß die Auswerteeinrichtung (13) Einrichtungen (15) zur  
20 Zwischenspeicherung eines vom Piezowandler (7) abgegebenen, den Druckimpulsen entsprechenden Restschwingungsverlaufes, sowie eine Vergleichseinrichtung (16) zum Vergleich dieses Restschwingungsverlaufes mit dem Restschwingungsverlauf einer vorhergehenden Meßperiode ent-  
25 hält,  
und daß die Vergleichseinrichtung (16) bei Übereinstimmung des Restschwingungsverlaufs in zwei aufeinanderfolgenden Meßperioden ein erstes Steuerkriterium (S1 über 21 in Fig. 4) zur stufenweisen Erhöhung ( $\Delta U$ ) der Steuerimpulsspannung an den Impulsgeber (8) abgibt, und bei  
30 Abweichung des Restschwingungsverlaufes in zwei aufeinanderfolgenden Meßperioden ein zweites Kriterium (S2 über 21 in Fig. 4) zur Einstellung der Impulssteuerspannung für eine konstante Ausstoßgeschwindigkeit der Tröpfchen  
35 an den Impulsgeber (8) abgibt.

27.05.63

4

3319353

- 18 -

VPA 83 P 8011 DE

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß der Impulsgeber (8), der Schalter (10), die Schalt-  
stufe (11), die Verstärkerstufe (12) und die Auswerte-  
5   einrichtung (13) Bestandteil der jeder Schreibdüse (2,4,  
7) eines Schreibkopfes zugeordnete Ansteuerschaltung ist.

10

15

20

25

30

35

SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 83 P 8011 DE

Verfahren und Schaltungsanordnung zum Einstellen der  
5 Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit in Tintenschreibeinrich-  
tungen

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen der  
Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit in Tintenschreibeinrich-  
10 tungen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, so-  
wie eine Schaltungsanordnung zur Durchführung dieses Ver-  
fahrens.

Aus der DE-AS 25 48 691 ist eine Anordnung für eine Tin-  
15 tenschreibeinrichtung bekannt, bei der ein Ausstoß von  
Tintentropfen dadurch bewirkt wird, daß zur Einleitung  
eines Ausstoßvorganges ein einen Tintenkanal umfassender  
Piezowandler durch Anlegen einer der Polarisationsrich-  
tung des Piezowandlers entgegen gerichteten Spannung zu-  
20 erst erweitert und dann durch Polarisationswechsel der  
den erweiterten Zustand hervorrufenden Spannung in einem  
verengten Zustand übergeführt wird.

Zum Ausstoß von Tintentropfen weist gemäß einem Vor-  
25 schlag (P 32 17 248.6) der Tintenkanal an seinem, der  
Austrittsöffnung abgewandten Ende eine Querschnittser-  
weiterung auf, in deren Nähe der Piezowandler angeord-  
net ist. Die Länge des Wandlers, dessen Abstand zur  
Querschnittserweiterung, sowie die Dauer eines Ansteuer-  
30 impulses, sind nach diesem Vorschlag derart aufeinander  
abgestimmt, daß ein Tröpfchenausstoß durch eine Zusammen-  
wirkung der durch Ansteuerung des Piezowandlers ausgelö-  
sten Druckwelle mit der an der Querschnittserweiterung  
reflektierten Druckwelle stattfindet.

35

Fk 1 Obh / 24. Mai 1983

In einer derartig betriebenen Tintenschreibeinrichtung beruht der Ausstoß von Tintentröpfchen also auf der bei der elektromechanischen Verformung des Piezowandlers entstehenden Druckwelle, die im Inneren des Tintenkanals, ausgehend vom Bereich des Piezowandlers, in beide Richtungen wandert, sowie auf den Reflexionen dieser Druckwelle. Dabei spielen eine Reihe von zum Teil sehr komplexen Vorgängen eine Rolle. Einflüsse, die für einen Tröpfchenausstoß mitbestimmend sind, sind beispielsweise die Eigenschaft des den Tintenkanal bildenden Materials, die Eigenschaften der Tinte, wie z.B. die Tintentemperatur, die geometrischen Abmessungen des Piezowandlers und des Tintenkanals, sowie die Form und die Größe der Ansteuerimpulse. Bereits geringfügige Veränderungen dieser Einflußgrößen führen zu einer Änderung der Größe und der Form der auszustoßenden Tröpfchen und beeinflussen darüber hinaus auch die Ausstoßgeschwindigkeit. In einem Schreibkopf, der mehrere Schreibdüsen aufweist, können sich diese Einflüsse in einer Weise auswirken, die das rasterförmig, d.h. das aus einer Reihe von durch einzelne Tintentröpfchen aufgebaute Schriftbild in starkem Maße beeinflussen. Es ist aus diesem Grunde erforderlich, für jede einzelne Düse einer Tintenschreibeinrichtung, einen Abgleich vorzunehmen. Ein solcher Abgleich wird in der Regel durch eine individuelle Einstellung der Steuerimpulse bei der Montage des Schreibkopfes durchgeführt. Praktisch erfolgt ein derartiger Abgleich in der Weise, daß die Fluggeschwindigkeit der ausgestoßenen Tintentröpfchen mit Hilfe eines Mikroskops oder einer Videokamera unter stroposkopischer Betrachtung gemessen und die Spannung der Steuerimpulse dementsprechend eingestellt werden. Dieser Weg ist aufwendig und von der konzentrierten Beobachtung durch das menschliche Auge abhängig ist. Ermüdungserscheinungen und damit eine abnehmende Konzentration der den Abgleich durchführenden Bedienungsperson müssen in Betracht gezogen werden. Wei-

terhin findet ein solcher Abgleich jeweils nur bei der Herstellung des Schreibkopfes statt. Spätere, z.B. im Betrieb auftretende Änderungen bleiben unberücksichtigt.

5

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem nicht nur bei der Herstellung eines Schreibkopfes, sondern auch während dessen Betriebes in einer Schreibeinrichtung, die für einen konstanten und gleich-  
10 mäßigen Tröpfchenausstoß erforderlichen Bedingungen ohne diesen Aufwand, insbesondere ohne den Einsatz zusätzlicher, vor allem ohne den Einsatz optischer Hilfsmittel, für jede Schreibdüse, optimal eingestellt werden können.

15 Diese Aufgabe wird gemäß dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 gelöst.

Das Kriterium zur Einstellung der Steuerimpulsspannung für eine konstante Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit kann  
20 dabei durch den bewertenden Vergleich zweier Restschwingungen erzeugt werden. Für diesen Vergleich können die Restschwingungen betrachtet werden, die durch den, eine erste Tröpfchenablösung bewirkenden Steuerimpuls, und durch den, diesem Steuerimpuls vorhergehenden, um einen  
25 Betrag  $\Delta U$  verringerten Steuerimpuls ausgelöst werden (Anspruch 2).

Es können aber auch die, durch den einer ersten Tröpfchenablösung unmittelbar vorhergehenden Steuerimpulse  
30 ausgelösten Restschwingungen dem Vergleich zugrunde liegen (Anspruch 3 und 4).

Ein wesentlicher, damit verbundener Vorteil besteht darin, daß sich der Abgleich der einzelnen Schreibdüsen  
35 automatisieren läßt. Dadurch wird nicht nur der Aufwand für zusätzliche Prüf- und Meßapparaturen reduziert,



- 4-8. VPA 83 P 8011 DE

sondern es entfällt auch der zur Durchführung des Abgleichs bisher erforderliche intensive Bedienungsaufwand.

5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung (Anspruch 5) kann der Abgleich auch während des Betriebs, beispielsweise jeweils in den Schreibpausen durchgeführt werden..

10 Eine vorteilhafte Anordnung zur Durchführung des Verfahrens ist im Anspruch 6 gekennzeichnet.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Dort zeigt

15 Fig. 1 einen Mehrdüschenschreibkopf einer Tintenschreibeinrichtung,

Fig. 2 eine einzelne Schreibdüse eines solchen Schreibkopfes,

20 Fig. 3 ein Beispiel für den Verlauf der Restschwingungen, die durch einen Ansteuerimpuls in einem Tintenkanal erzeugt werden,

25 Fig. 4 eine Schaltungsanordnung zur Messung der Druckverhältnisse im Inneren eines Tintenkanals,

Fig. 5 und Fig. 6 den Verlauf der Restschwingungen in einem Tintenkanal zur Ermittlung der, die Ausstoßgeschwindigkeit eines Tröpfchens bestimmenden Einflüsse.

30 Der in Fig. 1 im Schnitt dargestellte Schreibkopf weist die, beispielsweise in einem Kunststoffkörper 1 verlaufenden Tintenkanäle 2 auf, die an ihrem einen Ende an einer, Austrittsöffnungen 4 aufweisenden Düsenplatte 3 enden, und die an ihrem anderen Ende in eine sogenannte

Tintenverteilkammer 5 münden. Die Tintenverteilkammer 5 ist über einen Tintenzuführkanal 6 mit einem hier nicht dargestellten Tintenreservoir verbunden. Der dargestellte Schreibkopf arbeitet nach dem sogenannten Unterdruckverfahren, d.h. daß das Tintenreservoir ein tieferes Niveau aufweist, als die unterste Schreibdüse. Jedem Tintenkanal 2 ist ein Piezowandler 7 als Antriebselement zugeordnet. Die Piezowandler 7 umfassen die Tintenkanäle 2 in einem Bereich in der Nähe der Einmündung in die Tintenverteilkammer 5. Die Piezowandler 7 weisen eine Innen- und eine Außenelektrode auf, über die die Steuerimpulse (Steuerspannung  $U$ ) von einer hier nicht dargestellten Steuerschaltung aus zugeführt werden. Diese kann z.B. vom Zeichengenerator eines Druckers gesteuert werden.

15

Fig. 2 zeigt am Beispiel eines einzelnen Tintenkanals 2, die bei Ansteuerung des Piezowandlers 7 durch einen Steuerimpuls  $U$  erzeugte Druckwelle  $w$ , die sich ausgehend von den Austrittsquerschnitten des Piezowandlers 7 in beiden Richtungen hin ausbreitet. Die Ausbreitung erfolgt mit Schallgeschwindigkeit, die durch die Eigenschaften der, den Tintenkanal bildenden Materialien und den Eigenschaften der, den Tintenkanal ausfüllenden Flüssigkeit bestimmt ist.

25

In den Bereichen einer Querschnittsveränderung, treten Reflexionen der Druckwelle  $w$  auf. Das findet im Beispiel nach Fig. 2 im Bereich der Einmündung des Tintenkanals 2 in die Tintenverteilkammer 5 (Querschnittserweiterung) und im Bereich des Überganges zur Austrittsöffnung 4 der Düsenplatte 3 (Querschnittsverengung) statt.

30

Fig. 3 zeigt in Abhängigkeit von der Zeit die Druckverhältnisse, die nach einem Steuerimpuls  $U$  im Tintenkanal 2 im Bereich des Piezowandlers 7 auftreten. Der in Fig. 3 dargestellte Verlauf zeigt die den Druckimpulsen entspre-

35

chenden Spannungswerte als Restschwingungen. Diese entstehen dadurch, daß für einen Tröpfchenausstoß nur ein Teil der Druckenergie verbraucht wird. Ein nicht unbedeutender Teil dieser Energie wird in den Tintenkanal zurückreflektiert und wandert solange zwischen den Reflexionsstellen im Tintenkanal hin und her, bis er völlig absorbiert ist. Der in Fig. 3 dargestellte Verlauf läßt erkennen, daß die Restdruckwellen oder Restschwingungen nach einem Steuerimpuls mit  $U=80V$  und einer Dauer von etwa  $10\mu sec$  erst nach einigen  $100\mu sec$  abgeklungen sind.

Die Restschwingungen haben für die einzelnen Zustände des gesamten Tintensystems jeweils einen typischen Verlauf. Durch Messung und Auswertung der Restschwingungen lassen sich die Kriterien für die einzelnen Zustände feststellen. Bedarfsweise können durch Bewertung dieser Ergebnisse in einer Auswerteschaltung Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Im besonderen gilt das für die Beeinflussung der Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit, die die Grundlage für einen Abgleich der Tintenkanäle bildet.

Eine Schaltungsanordnung, mit der die Restschwingungen im Tintenkanal 2 erfaßt, d.h. gemessen und ausgewertet werden, zeigt Fig. 4. Dazu wird kurzzeitig nach einem an den Piezowandler 7 angelegten Steuerimpuls  $U$  der Piezowandler 7 als Sensor für Druckveränderungen im Tintenkanal 2 geschaltet. Die Schaltungsanordnung nach Fig. 4 weist einen Impulsgeber 8 auf, über den, ausgelöst durch einen Triggerimpuls  $T$  am Eingang 9 über einen elektronischen Schalter 10 ein Steuerimpuls  $U$  an den Piezowandler 7 gelangt. Der elektronische Schalter 10 ist ein hochspannungsfester elektronischer Umschalter, der über eine ebenfalls durch den Triggerimpuls  $T$  steuerbare Schaltstufe 11, die beispielsweise eine zeitverzögert einschaltbare monostabile Kippstufe sein kann, für die Dauer einer Meßperiode umsteuerbar ist. Während der Meß-

- 7 - 17. VPA 83 P 8011 DE

periode ist der nunmehr als Sensor arbeitende Piezo-  
wandler 7 über eine Verstärkerstufe 12 mit einer Aus-  
werteeinrichtung 13 verbunden. Die Abkopplung des Piezo-  
wandlers 7 vom Leistungsteil erfolgt hochohmig. Als Ver-  
5 stärkerstufe 12 kann ein Ladungsverstärker oder ein Im-  
pedanzwandler mit Eingangsschutzschaltung vorgesehen  
sein.

Die Auswerteeinrichtung 13 enthält mindestens einen Ana-  
10 log-Digital-Wandler 14, einen Zwischenspeicher 16, einen  
Vergleicher 16 und einen Digital-Analog-Wandler 17. Es  
ist vorteilhaft, die vom Verstärker 12 übernommenen  
Meßergebnisse zunächst in einer Schaltung 18, umgekehrt  
proportional der Impulsspannung auf eine einheitliche  
15 Größe linear abzuschwächen, und damit zu normieren. Die  
Restschwingungen werden im Analog-Digital-Wandler 14 um-  
gesetzt und im Zwischenspeicher 15 gespeichert. Der Zwi-  
schenspeicher kann durch zwei sogenannte RAM-Bausteine  
realisiert sein, wobei unter der Einwirkung eines Zäh-  
20 lers 19 jeweils ein erster und ein zweiter Restschwin-  
gungsverlauf in einen ersten und in einen zweiten RAM ge-  
speichert wird. Gleichzeitig wird im Vergleicher 16 die  
Information über den Verlauf der während einer vorherge-  
henden Meßperiode mit den während der aktuellen Meßperio-  
25 de einlaufenden Informationen der Restschwingung vergli-  
chen. Abhängig davon gibt der Vergleicher 16 Kriterien  
ab. Die Übergabe dieser Kriterien, die Steuerung des Zäh-  
lers 19, die zeitgerechte Anschaltung der Triggerimpulse  
T, sowie weitere, hier nicht angegebene Steuerungsfunktio-  
30 nen werden von einer zentralen Steuereinheit 20 übernom-  
men. Ein erstes Kriterium S1 wird bei Übereinstimmung des  
Restschwingungsverlaufs und damit bei Übereinstimmung der  
Meßergebnisse zweier aufeinanderfolgender Meßperioden über  
den Digital-Analog-Wandler 17 und über die Steuerleitung  
35 21 an den Impulsgeber 8 gegeben und führt dort zur Erhö-  
hung der Steuerimpulsspannung um den Betrag  $\Delta U$ .

Wird im Vergleich einer Abweichung der Restschwingungsverläufe in zwei aufeinanderfolgenden Meßperioden festgestellt, so wird über den Digital-Analog-Wandler 17 und über die Steuerleitung 21 ein zweites Kriterium S2 an den  
5 Impulsgeber 8 gesandt, das dort eine Einstellung der Steuerimpulsspannung auf den für eine gewünschte Ausstoßgeschwindigkeit erforderlichen Wert auslöst.

Dadurch besteht die Möglichkeit, die Steuerimpulse für  
10 die Ansteuerung des Piezowandlers eines bestimmten Tintenkanals auf einen optimalen, den Eigenschaften des Tintenkanals des Wandlers und der Düse, sowie den Eigenschaften der Tinte und den äußeren Bedingungen angepaßten Wert einzustellen. Das kann auf Grund eines linearen  
15 Zusammenhangs zwischen der eine erste Tröpfchenbildung bewirkenden oder der einer ersten Tröpfchenablösung vorhergehenden Steuerimpulsspannung und der für eine bestimmte Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit erforderlichen Steuerimpulsspannung dadurch geschehen, daß die im Impulsgeber 8 für die jeweils letzte Meßperiode eingestellte Steuerimpulsspannung, die in der beschriebenen  
20 Weise zur Abgabe des zweiten Kriteriums S2 führte, um einen bestimmten Faktor K erhöht wird. Der Faktor K bestimmt sich durch die Betrachtung der für einen Tröpfchenausstoß maßgebenden Energiebilanz, d.h. im wesentlichen durch die für eine Erzeugung der Tröpfchenoberfläche notwendige Energie und durch die für die Tröpfchenbewegung erforderlichen kinetischen Energie. Um Tröpfchen  
25 einer vorgegebenen Größe jeweils mit einer Geschwindigkeit von 4m/s auszustoßen, ergibt sich für den Faktor K ein Wert von  $K=1,4$ .

Weitere Einzelheiten der Wirkungsweise der Erfindung werden nun anhand der Fig. 5 und 6 erläutert, wobei zugleich  
35 auch auf die Fig. 3 Bezug genommen wird. Ausgehend von einem Mindestwert der Steuerimpulsspannung, bei dem mit

Sicherheit kein Tröpfchenausstoß erfolgen kann, wird die  
Steuerspannung  $U$  gleichmäßig, in Stufen mit einem be-  
zogen auf diesen Ausgangswert der Steuerimpulsspannung  $U$   
kleinen Spannungshub  $\Delta U$ , z.B.  $\Delta U = 1V$ , erhöht. Die dabei  
5 Über den nach jeder Ansteuerung als Sensor geschalteten  
Piezowandler gemessenen Restschwingungen erhöhen sich  
dann ebenfalls gleichmäßig monoton. Nach Überschreiten  
des für einen Tröpfchenausstoß erforderlichen Wertes der  
Steuerimpulsspannung  $U$  erhöhen sich die Restschwingungen  
10 ebenfalls gleichmäßig monoton. Der Verlauf der Rest-  
schwingungen entspricht in beiden Fällen etwa dem in  
Fig. 3 dargestellten Verlauf. An der Übergangsstelle zwi-  
schen diesen beiden Bereichen, also dort, wo gerade ein  
Tröpfchen ausgestoßen wird, treten Unregelmäßigkeiten im  
15 Verlauf der Restschwingungen auf. Diese sind meßbar und  
auswertbar.

Ein für diesen Fall typischer Verlauf der Restschwingun-  
gen ist in Fig. 5 dargestellt. Diese Darstellung zeigt  
20 den Verlauf der Restschwingungen für vier Fälle. Die  
vier, diesen Fällen entsprechenden Kurven sind mit I, II,  
III und IV bezeichnet. Die unteren beiden Kurven I und II  
stellen Meßergebnisse dar, die bei einer Steuerimpuls-  
spannung am Piezowandler entstehen, die unterhalb des  
25 Wertes für einen Tröpfchenausstoß liegen, wobei die Kur-  
ve II bei einer Steuerimpulsspannung ermittelt wird, de-  
ren Wert um einen geringen Spannungshub  $\Delta U$ , z.B. um  
 $\Delta U = 1V$  höher ist als die Steuerimpulsspannung für die  
Kurve I. Beide Kurven I und II haben nahezu den gleichen  
30 Verlauf. Unregelmäßigkeiten treten nicht auf. Die beiden  
oberen Kurven III und IV geben die Meßergebnisse wieder,  
die bei einer Steuerimpulsspannung im Bereich des für  
einen Tröpfchenausstoß vorgesehenen Wertes liegen. Wäh-  
rend ihrer Form nach die Kurve III aussieht, wie Kurve  
35 I oder II, tritt nunmehr bei einer Erhöhung der Steuer-  
impulsspannung  $U$  um den Betrag  $\Delta U$  eine sprungarti-

ge Änderung im Restschwingungsverlauf auf. Die Kurve IV zeigt das deutlich. Diese Abweichung des Restschwingungsverlaufes von normalen für sämtliche Verläufe mit niedrigerer Steuerimpulsspannung jeweils gleichen Verläufen, tritt bei der Kurve IV im Zeitbereich  $\Delta t$  auf. Diese Unregelmäßigkeit ist darauf zurückzuführen, daß durch ein ausgestoßenes Tintentröpfchen in der Düse ein Volumen- und Energiedefizit entsteht. Durch den anschließenden Nachfüllvorgang wird in diesem Fall eine Unterdruckwelle erzeugt, die ohne Tröpfchenbildung nicht entstehen würde. Diese im Verhältnis zu den ständig auftretenden Reflexionen, kleine Unterdruckwelle, äußert sich im Kurvenverlauf der Restschwingung als ein kleiner Sprung (Zeitbereich  $\Delta t$  in Kurve IV in Fig. 5).

15

Die Feststellung und die Auswertung dieses Spannungssprungs kann mit einer Anordnung nach Fig. 4 erfolgen. Dazu wird zunächst über den getriggerten Impulsgeber 8 ein Steuerimpuls (z.B. U, 10ps) an den Piezowandler 7 gelegt. Anschließend wird unter der Einwirkung der mit dem gleichen Triggerimpuls gesteuerten Schaltstufe 11 der elektronische Schalter 10 für die Dauer einer Meßperiode umgesteuert, der Piezowandler 7 als Sensor geschaltet, und die Restschwingung über den Ladeverstärker 12 der Auswerteeinrichtung 13 übergeben. Dort wird sie in an sich bekannter Weise im Speicher 15 zwischengespeichert. Nach Ablauf der ersten Meßperiode, die im Beispiel durch die Zeitbedingungen der monostabilen Kippstufe 11 bestimmt ist, und einige 100ps beträgt, wird über das vom Vergleichler 16 abgegebene und über die Steuerleitung 21 an den Impulsgeber 8 gelangende erste Kriterium S1 dort die Steuerimpulsspannung U um einen kleinen Wert  $\Delta U$  erhöht. Mit dem folgenden Triggerimpuls T werden wieder die beschriebenen Vorgänge eingeleitet. Der während dieser Meßperiode in den Zwischenspeicher 15 der Auswerteeinrichtung 13 übernommene Restschwingungsverlauf wird nun

35

mit dem während der vorhergehenden Meßperiode ermittel-  
ten Restschwingungsverlauf verglichen. Stimmen die Rest-  
schwingungsverläufe überein, gibt der Vergleicher 16 wie-  
derum das erste Kriterium S1 ab, und die Vorgänge wieder-  
5 holen sich, bis in der Auswerteeinrichtung 13 eine Abwei-  
chung im Restschwingungsverlauf von einem vorhergehenden  
zwischenengespeicherten Restschwingungsverlauf erkannt  
wird. In der Darstellung nach Fig. 5 ist das bezogen auf  
die Kurven III und IV im Zeitbereich  $\Delta t$  der Fall, wobei  
10 dem durch die Kurve IV repräsentierten Restschwingungs-  
verlauf eine Steuerimpulsspannung U zugrunde liegt, die  
gerade zu einer ersten Tröpfchenablösung führt. Der Ver-  
gleicher 16 gibt in diesem Fall das zweite Kriterium S2  
ab, über das im Impulsgeber 8 die für eine gewünschte  
15 Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit optimale Steuerimpuls-  
spannung eingestellt wird. Dabei findet Berücksichtigung,  
daß zwischen der Steuerimpulsspannung der letzten Meßpe-  
riode und dem, für eine gewünschte Ausstoßgeschwin-  
digkeit von Tröpfchen bestimmter Größe erforderlichen  
20 Steuerimpulsspannung, ein linearer Zusammenhang besteht.  
Soll beispielsweise die Tröpfchenausstoßgeschwindigkeit  
4m/s betragen, so ist die in der vorher beschriebenen  
Weise ermittelte Steuerimpulsspannung um den Faktor  
K=1,4 zu erhöhen.

25

Der Bereich an der Übergangsstelle kann noch enger einge-  
grenzt werden, wenn man den Bereich der Steuerimpuls-  
spannung kurz vor diesem Umschlag, d.h. also, bevor ein  
Tröpfchenaustritt erfolgt, genau ausgewertet. In diesem  
30 Fall tritt kurz vor einem Tröpfchenausstoß, d.h. bei  
einer Steuerimpulsspannung, die gerade noch nicht zu  
einem Tröpfchenausstoß führt, eine Unregelmäßigkeit im  
Restschwingungsverlauf auf, die mit steigender Steuer-  
impulsspannung sehr schnell durch den Zeitbereich wan-  
35 dert. Durch Lokalisierung dieser Schwankung in einem  
Zeitbereich oder in einem Zeitfenster, kann dann eine



Feinabstimmung der Steuerimpulsspannung erfolgen. Ein Beispiel für den Verlauf der Restschwingungen in diesem Fall zeigt Fig. 6.

- 5    Dort sind wiederum in vier Kurven vier Restschwingungsverläufe dargestellt, die mit einer Anordnung nach Fig. 4 ermittelt werden. Die Kurvenpaare I und II, sowie auch III und IV stellen jeweils Restschwingungsverläufe dar, wie sie kurz vor einer Tröpfchenablösung im Tintenkanal  
10    auftreten.

- Die durch den Vergleich der durch die Kurven I und II repräsentierten Restschwingungen feststellbare Abweichung im Teilzeitbereich  $\Delta t_1$  bzw. die durch Vergleich der  
15    durch die Kurven III und IV repräsentierten Restschwingungen feststellbare Abweichung im Teilzeitbereich  $\Delta t_2$  ist jeweils darauf zurückzuführen, daß bedingt durch die Steuerimpulsspannung am Piezowandler der Meniskus der Tinte an der Austrittsöffnung eines Tintenkanals bereits  
20    deutlich nach außen gewölbt ist, sich aber noch nicht ablöst. Nach Beendigung des Steuerimpulses wird der Tintenwulst sofort durch Oberflächenkräfte wieder in die Austrittsöffnung zurückgedrückt. Den üblichen Restschwingungen wird dadurch eine zusätzliche Schwankung überlagert.  
25    Die Ausbildung des Meniskus und damit auch die auswertbare Schwankung im Restschwingungsverlauf ändert sich bereits durch sehr kleine Änderungen der Steuerimpulsspannung, da durch etwas größere Spannungen mehr Tinte vor die Düse tritt, und es länger dauert, bis diese in umgekehrter Richtung wieder in die Düse fließt.  
30

- Anhand der Kurven III und IV in Fig. 6 erkennt man, daß bei einer Steuerimpulsspannung, die gegenüber der den Kurven I und II zugrundeliegenden Steuerimpulsspannung  
35    um etwa  $\Delta U = 1V$  erhöht ist, die beschriebene Abweichung im Restschwingungsverlauf in zwei aufeinander folgenden Meß-

perioden deutlich später auftritt. In einem z.B. auf die Kurven I, II und III, IV, d.h. auf die entsprechenden Steuerimpulsspannung bezogenen Zeitbereich oder Zeitfenster  $\Delta t$  kann bei Verfolgung dieses Verfahrens eine sehr  
5 genaue Einstellung der optimalen Steuerimpulsspannung für den Tröpfchenausstoß erfolgen. Praktisch führen bereits Änderungen der Steuerimpulsspannung in aufeinander folgenden Meßperioden in der Größenordnung von  $\Delta U = 0,5V$  zu genau auswertbaren Ergebnissen.

10

Die Messung der Restschwingungsverläufe, deren Bewertung, sowie die Bildung der ersten und zweiten Kriterien S1 und S2, geschieht in der anhand von Fig. 5 beschriebenen Weise, wobei lediglich der Faktor K in diesem Fall einen et-  
15 was höheren Wert hat. Beispielsweise beträgt für eine konstante Ausstoßgeschwindigkeit von 4m/s der Tinten-tröpfchen einer bestimmten Größe der Wert  $K = 1,45$ . Dieser etwas höhere Wert ist darauf zurückzuführen, daß in diesem Fall der Bildung des Kriteriums S2 eine Steuerimpuls-  
20 spannung zugrundeliegt, die noch nicht zu einem Tröpfchenausstoß führt.

Gegenüber der anhand von Fig. 5 beschriebenen Möglichkeit für die Einstellung der Steuerimpulsspannung, weist die  
25 Möglichkeit nach Fig. 6 zwei Vorteile auf. Zum einen ergibt sich eine feinere, d.h. genauere Einstellung der Steuerimpulsspannung; zum anderen setzt diese Möglichkeit nicht voraus, daß ein Tröpfchen ausgestoßen wird, d.h. daß weder der Schreibkopf noch ein Aufzeichnungsträger  
30 beschmutzt werden. Diese Möglichkeit eignet sich deshalb für einen Einsatz in bereits installierten, im Betrieb befindlichen Schreibeinrichtungen. Dabei ist es besonders vorteilhaft, daß die zur Feststellung und Bewertung der Restschwingungsverläufe vorgesehene Schaltung Bestandteil  
35 der für die einzelnen Tintenkanäle eines Schreibkopfes vorhandenen Ansteuerschaltung sein kann (Anspruch 8).

27-05-83

3319353

- 14 - 18 - VPA 83 P 8011 DE

Das ermöglicht es, die beschriebenen Abgleichvorgänge auch in Schreibpausen durchzuführen.

Bei Verfolgung des angegebenen Verfahrens lassen sich die  
5 Steuerimpulsspannungen derart exakt abgleichen, daß die Ausstoßgeschwindigkeit der Tintentropfchen mit einem Fehler von weniger als  $\pm 3\%$  gewährleistet ist.

Die Auswertung der nach dem angegebenen Verfahren gebil-  
10 deten Kriterien S1 und S2 bietet die Möglichkeit, z.B. auch den Ausfall einer Düse zu erkennen. In diesem Fall wird das Ausbleiben des zweiten Kriteriums S2 nach einem oder nach mehreren Durchläufen einer Anzahl von Meßperioden bewertet, die unter normalen Umständen zu einer  
15 Veränderung des Restschwingungsverlaufes führen. Ein solches Fehlerkriterium S3 kann, wie in Fig. 4 gezeigt ist, in der Auswerteeinrichtung 13 gebildet, und z.B. in einer, mit dem Schreibkopf verbundenen Druckeinrichtung zur Erzeugung ein optisches und/oder ein akustisches  
20 Signal bzw. ein Abschaltesignal erzeugen.

8 Patentansprüche

6 Figuren

25

30

35

19.

- Leerseite -

23.  
1/4

23.  
1/4

The drawing consists of two views of a tapered electrode assembly. The upper view is a perspective cross-section showing a tapered block 1 with a vertical rectangular electrode 5 on its left face. Inside the block, there are three horizontal electrodes 2, each with a rectangular contact 7. The right face of the block is a circular end face 3 with a central hole 4. The lower view is a perspective cross-section of the same assembly from a different angle. It shows the tapered block 1 with a vertical electrode 5 on its left face. A horizontal electrode 6 is shown on the left side of the block. The internal horizontal electrodes 2 and their contacts 7 are also visible. A dashed line indicates a connection to a voltage source U.

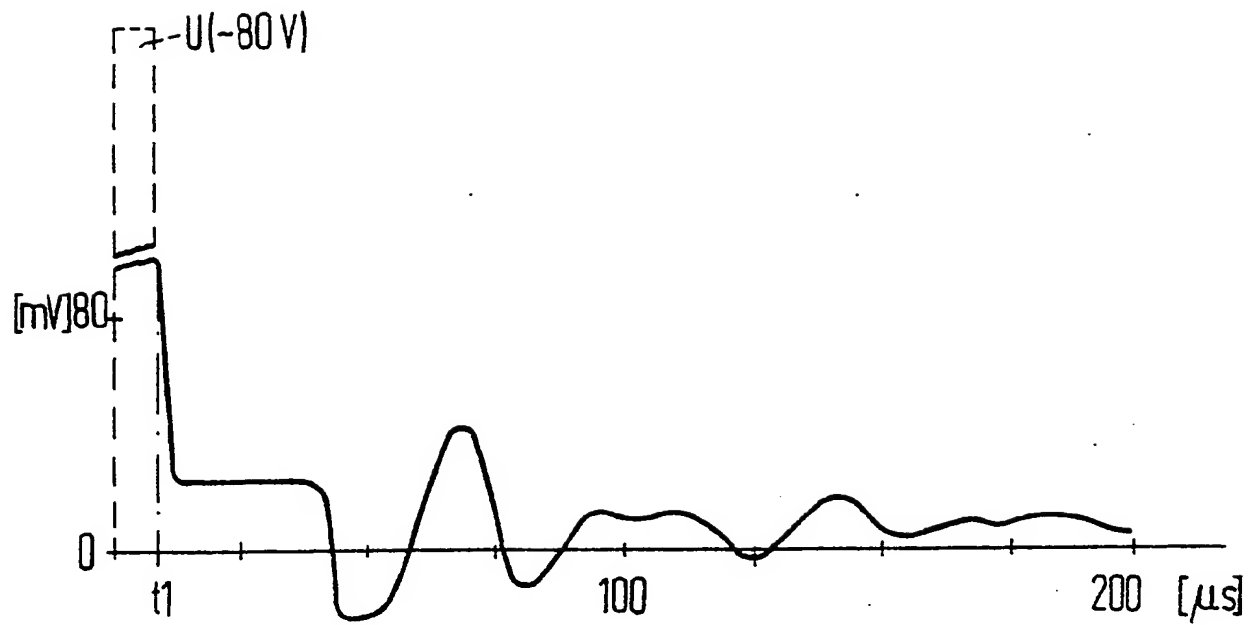
20.

3319353

2/4

83 P 80 11 DE

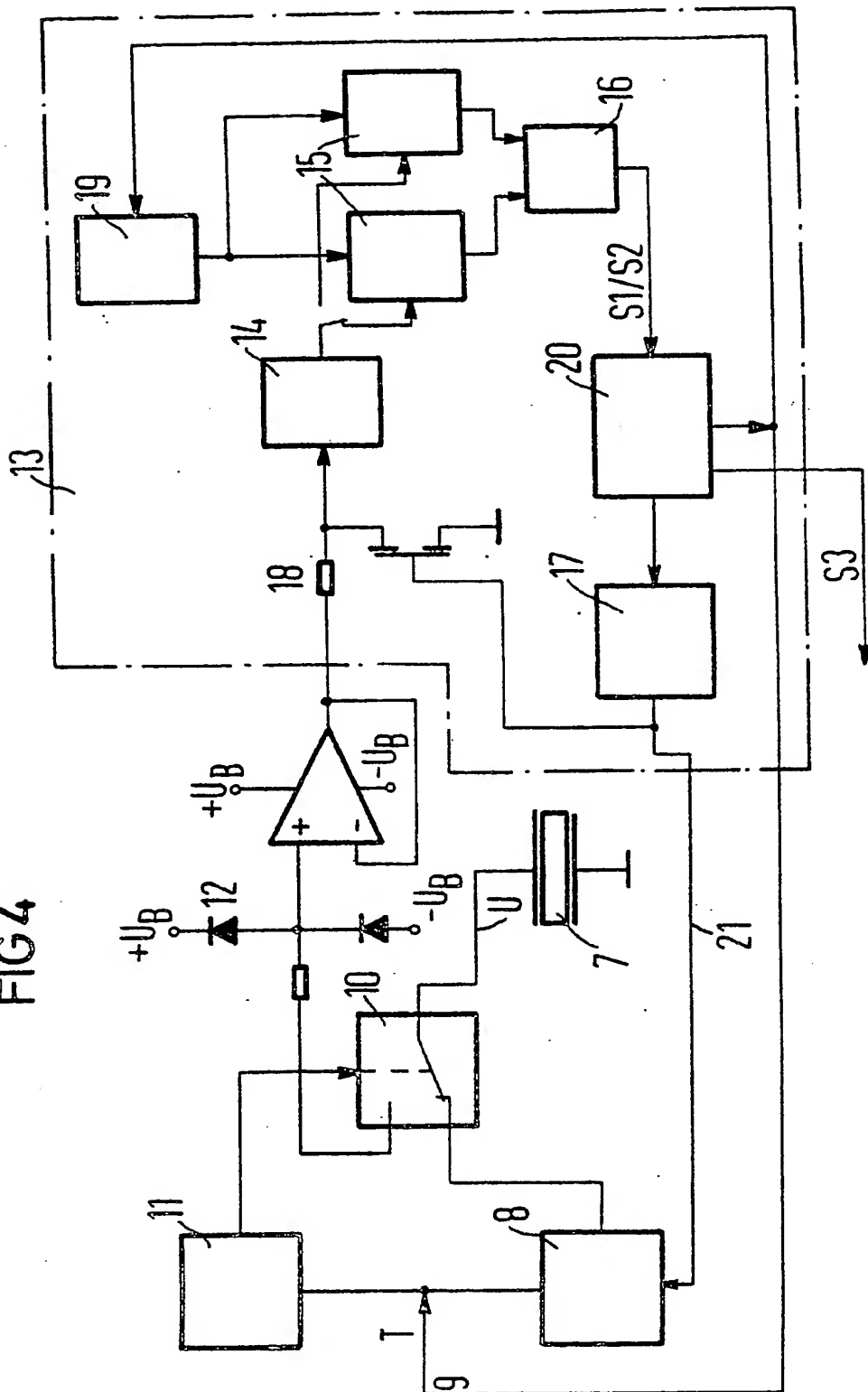
FIG 3



3/4

83 P 80 11 DE

FIG 4



4/4

83 P 8011 DE

FIG 5

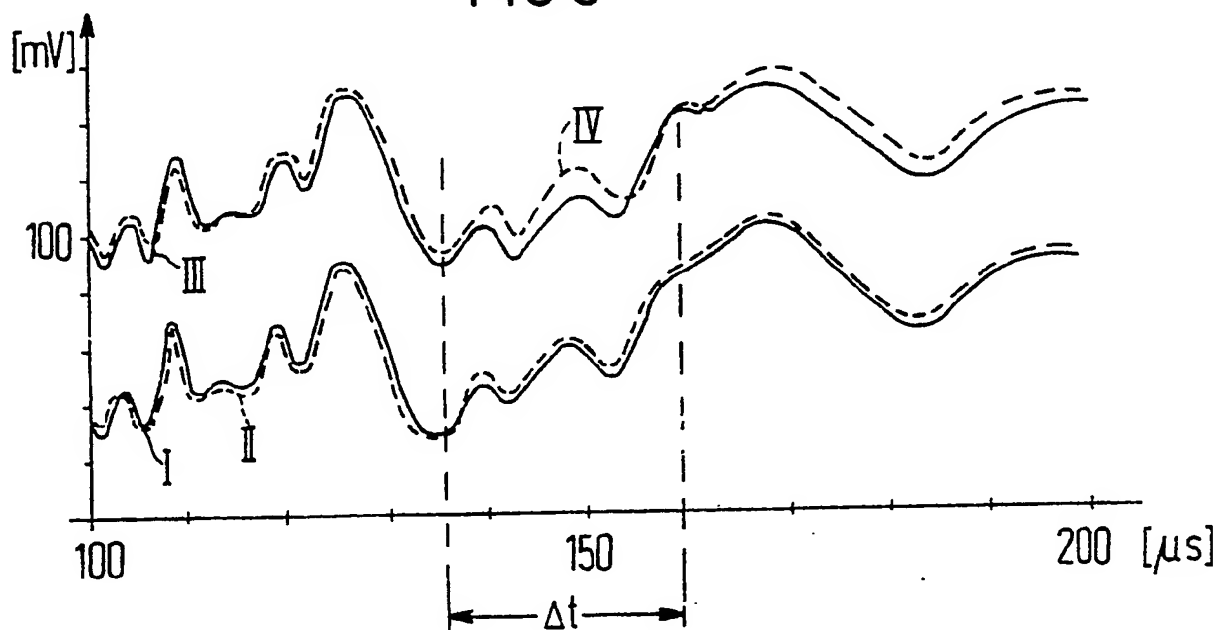


FIG 6

